

名古屋大学大学院
名古屋大学工学部

○小塚敏之
浅井滋生

1. 緒言 近年、溶湯から直接薄板を作る急速凝固プロセスが注目を集めている。そこでは、初期凝固現象に大きな影響を持つ溶湯の安定供給と溶鋼プールの表面波動の抑制が重要な課題となっている。一方、熔融金属は電気伝導性流体であり、磁場の印加によって融体の運動を抑制することが可能である。本研究では、融体中に誘導される電流分布を考慮した解析を行い、波動抑制に及ぼす磁束勾配の効果を明らかにする。また、実験によって、磁束勾配下での表面波動減衰挙動を調べた。

2. 理論 磁束密度 B による波動抑制効果を見積るには、融体中に誘導される電流密度 J の分布を考慮する必要がある。電流のベクトルポテンシャル ψ ($J \equiv \nabla \times \psi$... (1)) を導入し、Maxwell と Ohm の式に基づいてその基礎式を導くと (2) 式を得る。 $\nabla^2 \psi = \sigma \partial B / \partial t - \sigma \nabla \times (V \times B)$... (2) 解析の対象とする座標系を Fig. 1 に示す。本系では、 $B = (B_x, 0, 0)$, $V = (0, V, W)$... (3), (4) であり、 $B_x = kz + B_0$... (5) として (2) 式より ψ を求める。つぎに、(1) 式から J を得て、電磁体積力が $F = (f_x, f_y, f_z) = (0, J_z B_x, -J_y B_x)$... (6) と得られる。そこで、波動の運動方程式、 $\rho \partial V / \partial t = -\partial P / \partial y + f_y$, $\rho \partial W / \partial t = -\partial P / \partial z + f_z - \rho g$... (7), (8) および連続の式、 $\partial V / \partial t + \partial W / \partial t = 0$... (9) に (5), (6) 式を代入して解き、 $W = (dh/dt) \{ \sinh(az) / \sinh(aha) \} \exp(bj(z-h_0) + j(\omega t - \xi y))$... (10) を得る。ここで、 $a = \sqrt{1 - N^2} \xi$, $b = N \xi$, $N = \sigma k B / \rho \omega \xi$ である。波高の減衰定数 D が波の角周波数 ω に比べて十分小さく ($D \ll \omega$)、波高 h の変化が $(d^2 h / dt^2) + 2D(dh/dt) + \omega^2 h = 0$... (11) と記述できるとすれば、(6), (10) 式を使って $D = D_a + D_r = (\sigma B k / 2 \xi^2 \rho) \{ a / \tanh(aha) + bj \} + D_r$... (12) を得る。ここで、 D_a は磁束による減衰定数であり、 D_r は容器との摩擦によるものである。 B_x に勾配がない場合 ($k=0$) には $D_a=0$ となり Fig. 1 に示される系では磁場による波動抑制は得られないことになる。

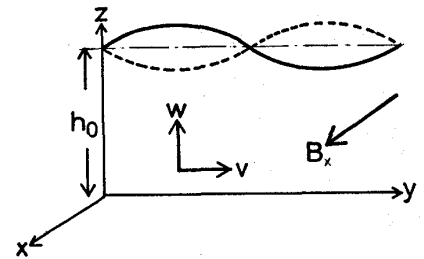


Fig. 1. Wave motion and coordinate system.

3. 実験結果 先の報告¹⁾と同じ装置を用い、水銀浴の波高をレーザー非接触距離計により 10μ の精度で測定した。減衰挙動の一例を Fig. 2 に示す。磁束を印加する場合としない場合の減衰定数から D_a を求め、(12) 式で

示される理論値と比較したのが Fig. 3 である。両者の間には、かなり良い一致がみられる。

4. 結言 磁束勾配下での波動減衰挙動を理論解析し、実験値との比較を行った。

(記号) B : 平均磁束, h : 波高, k : 磁束勾配, P : 静圧, t : 時間, ρ : 密度, σ : 電気伝導度, ξ : 波数

(文献) 1) 小塚敏之, 浅井滋生, 櫻庭: 鉄と鋼, 72(1986), S716

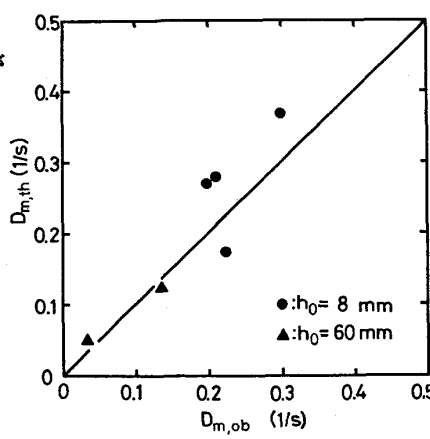


Fig. 3. Comparison of theoretical values of a damping coefficient and observed ones.

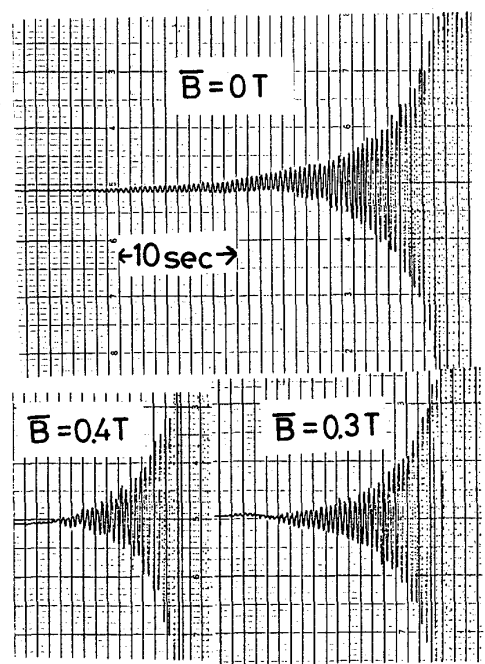


Fig. 2. Effect of magnetic flux on damping wave motion.